

Japanese Patent Laid-open Publication No.: 2003-209976 A

Publication date : July 25, 2003

Applicant : Matsushita Electric Industry Co., Ltd.

Title : PWM INVERTER APPARATUS AND CURRENT DETECTING METHOD

5 THEREOF

[0005] In Japanese Patent Application Laid-Open No. H3-
230767, there is also disclosed a method in which a voltage
10 vector outside a relevant range is forcibly output by
providing a constant control cycle, and thereafter the
voltage vector outside the relevant range is corrected.
The correction of the voltage vector, however, requires an
additional modulation operation, which involves a
15 significant change in the modulation method. An object of
the present invention is to provide a PWM inverter
apparatus, which uses the conventional two-phase modulation
method or the conventional three-phase modulation method,
being configured to ensure that the voltage vector duration
20 is easily set to be longer than a minimum setting time with
reference to a conversion table prepared beforehand without
a significant change in the modulation method, and capable
of detecting a current whenever a voltage vector is output
without using a high-performance microcomputer, and also to
25 provide a current detecting method of the PWM inverter
apparatus.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-209976

(P2003-209976A)

(43)公開日 平成15年7月25日(2003.7.25)

(51)Int.Cl.

H02M 7/48
7/5387

識別記号

F I

H02M 7/48
7/5387

特許庁(参考)

W 5H007
Z

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 25 頁)

(21)出願番号 特願2002-5219(P2002-5219)

(22)出願日 平成14年1月11日(2002.1.11)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 新井 康弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 吉岡 包晴

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 100062926

弁理士 東島 隆治

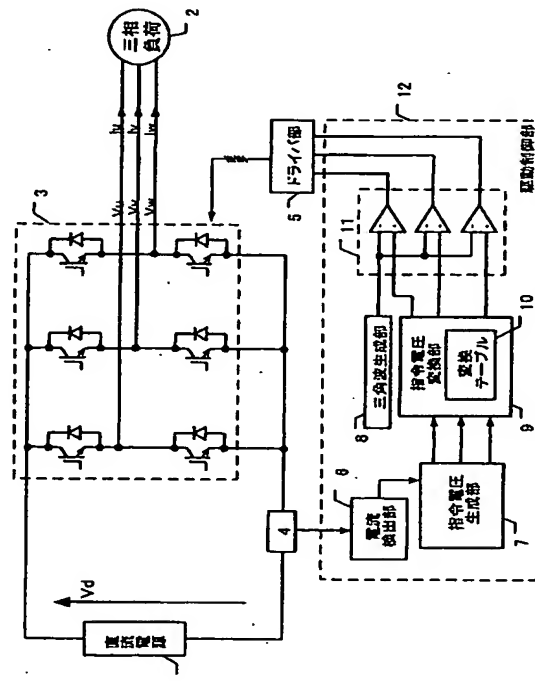
Fターム(参考) 5H007 BB06 CA01 CB05 DA05 DB02
DC02 EA05

(54)【発明の名称】 PWMインバータ装置及びその電流検出方法

(57)【要約】

【課題】 二相変調方式あるいは三相変調方式を用いたPWMインバータ装置において、大幅な変調方式の変更を行うことなく、簡単かつ確実に電圧ベクトル持続時間を最小設定時間以上に設定して、電圧ベクトルを出力した場合に必ず電流検出を可能にすること。

【解決手段】 PWMインバータ装置は、電圧ベクトル持続時間を電流検出可能な時間以上となるように電圧ベクトルを変換テーブルによって求め、所定の最小設定時間以上の電圧ベクトルを出力するよう構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 PWMインバータ主回路の直流側の電流を検出する電流検出手段と、

前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、

前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、

基準波を出力する基準波生成手段と、

前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備し、

前記指令電圧変換手段が、

前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧信号から演算により電圧ベクトル持続時間を求める電圧ベクトル持続時間検出手段と、

前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧信号から演算により指令電圧の位相領域を求める指令電圧領域判定手段と、

前記電圧ベクトル持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記電圧ベクトル持続時間が短い場合、当該電圧ベクトル持続時間を記憶する記憶手段と、

前記記憶手段で記憶した今回の電圧ベクトル持続時間を前回の電圧ベクトル持続時間に加算する加算手段と、

前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算された電圧ベクトル持続時間をリセットする区間変化判定手段と、

前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定する判定手段とを有し、

前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である前記加算された電圧ベクトル持続時間を出力し、前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう構成されたことを特徴とするPWMインバータ装置。

【請求項2】 前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である前記加算された電圧ベクトル持続時間を出力するよう設定し、前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう設定する変換テーブルを有する請求項1に記載のPWMインバータ装置。

【請求項3】 前記指令電圧変換手段において、少なくとも指令電圧の1周期の間、PWMの周波数を固定するよう構成された請求項1又は2に記載のPWMインバータ装置。

【請求項4】 前記指令電圧変換手段において、前記最小設定時間は、前記電流検出部の最小サンプル時間とP

WMインバータのデッドタイムを加えた時間よりも長くなるよう設定された請求項1又は2に記載のPWMインバータ装置。

【請求項5】 前記電流検出部において、アナログディジタル変換器を有し、当該アナログディジタル変換器による検出系統を少なくとも2系統以上有し、前記電圧ベクトルの切り替え時に、アナログディジタル変換を開始するよう構成した請求項1, 2, 3又は4のいずれかに記載のPWMインバータ装置。

【請求項6】 三相PWMインバータ主回路の各相に流れる電流を検出する電流検出手段と、

前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、

前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、

基準波を出力する基準波生成手段と、

前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備し、

前記指令電圧変換手段が、前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記電流検出手段と直列に接続されたスイッチのオン時間を求めるスイッチング持続時間検出手段と、

前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記指令電圧の位相領域を求める指令電圧領域判定手段と、

前記スイッチング持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記スイッチング持続時間が短い場合、前記スイッチング持続時間を記憶する記憶手段と、

前記記憶手段で記憶した今回のスイッチング持続時間を前回のスイッチング持続時間に加算する加算手段と、

前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算されたスイッチング持続時間をゼロにする区間変化判定手段と、

前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段で前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である加算されたオン状態持続時間を出力し、

前記判定手段で前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう構成されたことを特徴とするPWMインバータ装置。

【請求項7】 前記判定手段で前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である加算されたオン状態持続時間を出力し、前記判定手段で前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう設定する変換テーブルを有する

請求項6に記載のPWMインバータ装置。

【請求項8】 前記指令電圧変換手段において、少なくとも前記指令電圧の1周期の間、PWMの周波数を固定するよう構成された請求項6又は7に記載のPWMインバータ装置。

【請求項9】 前記指令電圧変換手段において、前記最小設定時間は、前記電流検出手段の最小サンプル時間と当該PWMインバータ装置におけるデッドタイムとを加えた時間よりも長くなるよう設定されることを特徴とする請求項6、7又は8のいずれかに記載のPWMインバータ装置。

【請求項10】 前記直流電源において、当該PWMインバータ装置の入力電圧を可変する電源電圧可変手段を具備することを特徴とする請求項1から9のいずれか1項に記載のPWMインバータ装置。

【請求項11】 前記電源電圧可変手段において、交流電圧を整流する整流部と、前記PWMインバータの入力電圧を切り替えるスイッチング素子とを具備する請求項10に記載のPWMインバータ装置。

【請求項12】 前記電源電圧可変手段において、交流電圧を整流する整流部と、前記整流部の電圧を昇圧し当該PWMインバータ装置の入力電圧として供給する昇圧部とを具備する請求項10に記載のPWMインバータ装置。

【請求項13】 PWMインバータ主回路の直流側の電流を検出する電流検出手段と、
前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、
前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、
基準波を出力する基準波生成手段と、
前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備するPWMインバータ装置において、
前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧から演算により電圧ベクトル持続時間を求めるステップと、
前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧から演算により指令電圧の位相領域を求めるステップと、
前記電圧ベクトル持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記電圧ベクトル持続時間が短い場合、当該電圧ベクトル持続時間を記憶するステップと、
前記記憶手段で記憶した今回の電圧ベクトル持続時間を前回の電圧ベクトル持続時間に加算するステップと、
前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算された電圧ベクトル持続時間をリセットするステップと、

前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定するステップと、

前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である前記加算された電圧ベクトル持続時間を出力し、前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするステップと、
を有することを特徴とするPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項14】 加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である前記加算された電圧ベクトル持続時間を出力するよう設定し、前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう設定する変換テーブルを用いる請求項13に記載のPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項15】 前記指令電圧信号が当該指令電圧信号1周期のうち $\pi/3$ の期間、設定値の最大値または最小値に飽和させた信号でない場合、予め用意された複数の変換テーブルから所望の変換テーブルを選択するステップを有する請求項13又は14に記載のPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項16】 前記指令電圧信号が当該指令電圧信号1周期のうち $\pi/3$ の期間、設定値の最大値または最小値に飽和させた信号である場合、予め用意された複数の変換テーブルから所望の一つの変換テーブルを選択するステップを有する請求項13又は14に記載のPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項17】 三相PWMインバータ主回路の各相に流れる電流を検出する電流検出手段と、
前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、
前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、
基準波を出力する基準波生成手段と、
前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備するPWMインバータ装置において、
前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記電流検出手段と直列に接続されたスイッチのオン時間を求めるステップと、
前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記指令電圧の位相領域を求めるステップと、
前記スイッチング持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記スイッチング持続時間が短い場合、前記スイッチング持続時間を記憶するステップと、
前記記憶手段で記憶した今回のスイッチング持続時間を

前回のスイッチング持続時間に加算するステップと、前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算されたスイッチング持続時間をゼロにするステップと、

前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定するステップと、

前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である加算されたオン状態持続時間を出力し、前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするステップと、

を有することを特徴とするPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項18】 前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である加算されたオン状態持続時間を出力し、前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう設定する変換テーブルを用いる請求項17に記載のPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項19】 前記指令電圧信号が前記指令電圧信号1周期のうち $\pi/3$ の期間、設定値の最大値または最小値に飽和させた信号でない場合、予め用意された複数の変換テーブルから所望の変換テーブルを選択するステップを有する請求項17又は18に記載のPWMインバータ装置の電流検出方法。

【請求項20】 前記指令電圧信号が前記指令電圧信号1周期のうち $\pi/3$ の期間、設定値の最大値または最小値に飽和させた信号である場合、予め用意された複数の変換テーブルから所望の変換テーブルを選択するステップを有する請求項17又は18に記載のPWMインバータ装置の電流検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は三相PWMインバータ装置に関し、特に相電流を検出するための相電流検出に関するPWMインバータ装置及びその電流検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の三相PWMインバータ装置では、PWMインバータ主回路における各スイッチング素子の状態を6種類の互いに位相が $\pi/3$ 異なる電圧ベクトルとゼロベクトルとを組み合わせ、所定の制御周期ごとに時間比制御することにより、PWMインバータ主回路から負荷に対して電圧ベクトルが回転するような正弦波出力を供給している。三相負荷（例えば電動機）を正確に制御するためには、出力電流である各相電流（U相、V相、W相）を検出する必要がある。したがって、従来の三相PWMインバータ装置においては、PWMインバータ主回路の電源側に電流センサを設ける構成や、PW

Mインバータ主回路の各相スイッチング素子と直列に電流センサを設ける構成が用いられている。

【0003】しかし、このような構成では出力電圧や位相によっては、各相の電流検出が不可能になる場合があった。その理由は、出力電圧が低い場合にはゼロベクトルの比率が高くなり、実際に電圧が印加される電圧ベクトルに対応する電圧ベクトル持続時間が短くなるために、電流検出に必要な時間を確保できないことによる。また、指令電圧ベクトルが6種の基本電圧ベクトル（以下、単に電圧ベクトルと称す）に近い位相の場合には、その電圧ベクトルに対し位相的に遠い電圧ベクトルの電圧ベクトル持続時間が短くなるため、電流検出に必要な時間が確保できないことによる。そこで、従来の三相PWMインバータ装置では、制御周期を変化させることによって、上記のような場合の電圧ベクトル持続時間を長くするよう構成されており、このような装置としては、例えば特開平3-230767号公報に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特開平3-230767号公報に開示された従来の三相PWMインバータ装置では、上記のように電圧ベクトル持続時間を長くするよう構成されているため、指令電圧の1周期内の一部領域で制御周期を長くすると、変化させた制御周期に応じて電圧ベクトルを再演算しなければならなかった。したがって、従来の三相PWMインバータ装置では、制御演算部に高性能なマイクロコンピュータを設ける必要があった。さらに、従来の三相PWMインバータ装置においては、制御周期が長くなることによって著しく制御精度を低下させるという問題があった。

【0005】また、特開平3-230767号公報には、制御周期を一定にして一旦強制的に該当領域外の電圧ベクトルを出力し、その後に該当領域外の電圧ベクトルを補正する方法も説明されている。しかし、電圧ベクトルの補正を行う場合には新たな変調演算が必要となり、大幅な変調方式の変更を行う必要があった。本発明の目的は、従来の二相変調方式あるいは三相変調方式を用いたPWMインバータ装置において、大幅な変調方式の変更を行うことなく、予め用意した変換テーブルにより、簡単かつ確実に電圧ベクトル持続時間を最小設定時間以上に長く設定するよう構成し、高性能なマイクロコンピュータを用いることなく、電圧ベクトルを出力した場合に必ず電流検出を可能にするPWMインバータ装置及びその電流検出方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係るPWMインバータ装置は、上記目的を達成するものであり、PWMインバータ主回路の直流側の電流を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、前記指

令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、基準波を出力する基準波生成手段と、前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備し、前記指令電圧変換手段が、前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧信号から演算により電圧ベクトル持続時間を求める電圧ベクトル持続時間検出手段と、前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧信号から演算により指令電圧の位相領域を求める指令電圧領域判定手段と、前記電圧ベクトル持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記電圧ベクトル持続時間が短い場合、当該電圧ベクトル持続時間を記憶する記憶手段と、前記記憶手段で記憶した今回の電圧ベクトル持続時間を前回の電圧ベクトル持続時間に加算する加算手段と、前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算された電圧ベクトル持続時間をリセットする区間変化判定手段と、前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定する判定手段とを有し、前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である前記加算された電圧ベクトル持続時間を出力し、前記判定手段で前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう構成されている。このように構成されたPWMインバータ装置においては、電圧ベクトル持続時間を長くすることが可能となり、特に従来検出不可能であった三相負荷に流れる電流が小さい領域や、指令電圧ベクトルが6種の電圧ベクトルに近い位相にある領域において、電流検出が可能となりPWMインバータ装置の制御範囲を広げることが可能となる。

【0007】他の観点の発明に係るPWMインバータ装置は、三相PWMインバータ主回路の各相に流れる電流を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、基準波を出力する基準波生成手段と、前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備し、前記指令電圧変換手段が、前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記電流検出手段と直列に接続されたスイッチのオン時間を求めるスイッチング持続時間検出手段と、前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記指令電圧の位相領域を求める指令電圧領域判定手段と、前記スイッチング持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記スイッチング持続時間が短い場合、前記スイッチング持続時間を記憶する記憶手段と、前記記憶

手段で記憶した今回のスイッチング持続時間を前回のスイッチング持続時間に加算する加算手段と、前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算されたスイッチング持続時間をゼロにする区間変化判定手段と、前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定する判定手段と、前記判定手段で前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である加算されたオン状態持続時間を出力し、前記判定手段で前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするよう構成されている。このように構成されたPWMインバータ装置の電流検出方法において、スイッチング持続時間を長くすることが可能となり、特に従来検出不可能であった三相負荷に流れる電流が小さい領域や、指令電圧ベクトルが6種の電圧ベクトルに近い位相にある領域において、電流検出が可能となりPWMインバータ装置の制御範囲を広げることが可能となる。

【0008】本発明に係るPWMインバータ装置の電流検出方法は、PWMインバータ主回路の直流側の電流を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、基準波を出力する基準波生成手段と、前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備するPWMインバータ装置において、前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧から演算により電圧ベクトル持続時間を求めるステップと、前記指令電圧生成手段により出力された各相の指令電圧から演算により指令電圧の位相領域を求めるステップと、前記電圧ベクトル持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記電圧ベクトル持続時間が短い場合、当該電圧ベクトル持続時間を記憶するステップと、前記記憶手段で記憶した今回の電圧ベクトル持続時間を前回の電圧ベクトル持続時間に加算するステップと、前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算された電圧ベクトル持続時間をリセットするステップと、前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定するステップと、前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である前記加算された電圧ベクトル持続時間を出力し、前記加算された電圧ベクトル持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするステップと、を有する。このように構成されたPWMインバータ装置の電流検出方法においては、電圧ベクトル持続時間を長くすることが可能となり、特に従来検出不可能であった三相負荷に流れる電流が小さい領域や、指令電圧ベクトルが6種の電

圧ベクトルに近い位相にある領域において、電流検出が可能となりPWMインバータ装置の制御範囲を広げることが可能となる。

【0009】他の観点の発明に係るPWMインバータ装置の電流検出方法は、三相PWMインバータ主回路の各相に流れる電流を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段から出力された電流検出信号から指令電圧信号を形成する指令電圧生成手段と、前記指令電圧生成手段から入力された各相の指令電圧信号から所望の指令電圧設定値を演算する指令電圧変換手段と、基準波を出力する基準波生成手段と、前記基準波と前記指令電圧設定値とを比較してスイッチングパターンを形成する比較手段とを具備するPWMインバータ装置において、前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記電流検出手段と直列に接続されたスイッチのオン時間を求めるステップと、前記指令電圧生成手段からの各相の指令電圧信号から演算により前記指令電圧の位相領域を求めるステップと、前記スイッチング持続時間と所定の最小設定時間とを比較し、前記最小設定時間よりも前記スイッチング持続時間が短い場合、前記スイッチング持続時間を記憶するステップと、前記記憶手段で記憶した今回のスイッチング持続時間を前回のスイッチング持続時間に加算するステップと、前記指令電圧の位相領域が切り替わったとき、前記加算手段で加算されたスイッチング持続時間をゼロにするステップと、前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間に達したか否かを判定するステップと、前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間以上の場合、前記最小設定時間以上である加算されたオン状態持続時間を出力し、前記加算されたスイッチング持続時間が前記最小設定時間未満の場合、前記電圧ベクトルをゼロベクトルとするステップと、を有する。このように構成されたPWMインバータ装置の電流検出方法においては、スイッチング持続時間を長くすることが可能となり、特に従来検出不可能であった三相負荷に流れる電流が小さい領域や、指令電圧ベクトルが6種の電圧ベクトルに近い位相にある領域において、電流検出が可能となりPWMインバータ装置の制御範囲を広げることが可能となる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るPWMインバータ装置の好適な実施の形態について添付の図面を参照しつつ説明する。

【0011】《実施の形態1》図1は本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置の回路構成を示すブロック図である。図1において、実施の形態1のPWMインバータ装置は、交流電圧を整流して所望の直流電圧 V_d を出力する直流電源1と、三相負荷2である三相電動機に所望の電力を供給するPWMインバータ3と、このPWMインバータ3の電源側に流れる電流を検出する電流センサ4と、PWMインバータ3を駆動制御する駆動

制御部12と、駆動制御部12からのスイッチング信号を用いてPWMインバータ3の各スイッチング素子をオンオフ駆動するドライバ部5を具備している。

【0012】駆動制御部12は、電流検出部6、指令電圧生成部7、三角波生成部8、指令電圧変換部9、及び比較部11から構成されている。電流検出部6はPWMインバータ3の電源側に流れる電流の検出信号が入力されてアナログ/デジタル変換を行う。指令電圧生成部7は電流検出部6の検出信号から各相の指令電圧設定値を作成し、指令電圧生成部7で作成された各相の指令電圧設定値は指令電圧変換部9へ入力される。この指令電圧変換部9において、三相負荷2の状態に応じて後述する変換テーブル10に基づきPWMインバータ3の各スイッチング素子をオンオフ駆動するスイッチングパターンを決定するための指令電圧設定値を形成する。三角波生成部8は基準三角波を発生させて比較部11に出力する。比較部11における各相のコンパレータは、入力された基準三角波と指令電圧設定値との比較を行い、スイッチングパターンを形成する。

【0013】まず、本発明に係るPWMインバータ装置の制御方法において用いる瞬時空間電圧ベクトルについて説明する。PWMインバータ3の出力端子から出力される各相の電圧 V_u 、 V_v 、 V_w はそれぞれ「正の値（電源電圧）」と「0」の二値を取り得る。したがって、三相PWMインバータ3の各スイッチング素子をオンオフ駆動するスイッチングパターンは8通りある。この8通りのスイッチングパターンを電圧ベクトルで示すと図2のように $\pi/3$ [rad]づつ位相が異なる6つの電圧ベクトル $V_1 \sim V_6$ と、中央の大きさを持たない2つのゼロベクトル V_0 、 V_7 となる。ゼロベクトルとは、三相PWMインバータの出力線間電圧がゼロである状態を表す。

【0014】以下の説明においては、例えば $V_u = V_d$ 、 $V_v = 0$ 、 $V_w = 0$ となる電圧ベクトルを(1、0、0)と表現して、これを V_1 とすると、図2において正六角形の各頂点は、出力可能な電圧ベクトル V_1 (1, 0, 0)、 V_2 (1, 1, 0)、 V_3 (0, 1, 0)、 V_4 (0, 1, 1)、 V_5 (0, 0, 1)、 V_6 (1, 0, 1)である。また、ゼロベクトルは V_0 (0, 0, 0)および V_7 (1, 1, 1)の2種類である。ここで、 V_1 、 V_3 、 V_5 を奇数ベクトル、 V_2 、 V_4 、 V_6 を偶数ベクトルと定義すると、PWMインバータ3のスイッチング状態を表す電圧ベクトルは、奇数ベクトル、偶数ベクトル、ゼロベクトルの3種類に分類することが可能である。これらの瞬時空間ベクトルを用いて、各相指令電圧に対しこの六角形の中心を回転中心としてその内周を指令電圧 V^* が振幅及び周波数を変化させて動くことにより、三相PWMインバータ3の出力電圧の振幅及び周波数の制御を行っている。

【0015】次に、指令電圧 V^* から電圧ベクトルを決

定する電圧ベクトル設定原理について説明する。図3は三相PWMインバータ3において入力された指令電圧 V^* から電圧ベクトルを決定する場合の説明図であり、図2の電圧ベクトル V_1 と V_2 で挟まれた区間Aを示している。図3に示すように、入力された指令電圧 V^* が電圧ベクトル $V_1(1, 0, 0)$ から $V_2(1, 1, 0)$ までの区間Aの位相角 θ を有する場合、現在多く使用されている二相変調方式又は三相変調方式においては、その指令電圧 V^* から最も近傍の2つの電圧ベクトル、すなわち区間Aの場合 $V_1(1, 0, 0)$ と $V_2(1, 1, 0)$ に分解し、ゼロベクトルとして $V_0(0, 0, 0)$ 又は $V_7(1, 1, 1)$ を選択する。つまり二相変調の場合 $V_2 \rightarrow V_1 \rightarrow V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2$ の順に電圧ベクトルが選択され、三相変調の場合は $V_7 \rightarrow V_2 \rightarrow V_1 \rightarrow V_0 \rightarrow V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_7$ の順に電圧ベクトルが選択される。

【0016】他の区間も同様であり、二相変調の場合は偶数ベクトル→奇数ベクトル→ゼロベクトル→奇数ベクトル→偶数ベクトルの順に、三相変調の場合はゼロベクトル→偶数ベクトル→奇数ベクトル→ゼロベクトル→奇数ベクトル→偶数ベクトル→ゼロベクトルの順に選択される。

【0017】次に、指令電圧変換部9における設定方法を図4のフローチャートを用いて説明する。指令電圧生成部7において、一定周期ごとに発生するPWM割り込みによりPWM割り込み処理が開始される。PWM割り込み処理において、まず指令電圧 V^* の区間判定(ステップ101)が行われる。指令電圧 V^* の区間を判定する区間判定処理は、指令電圧変換部9に入力された三相指令電圧(U相電圧設定値、V相電圧設定値、W相電圧設定値)から、区間(区間A～区間F)が判定される。

【0018】図5は指令電圧 V^* の区間を判定する区間判定処理を示すフローチャートである。図5に示すように、ステップ120でV相電圧設定値とW相電圧設定値が比較され、V相電圧設定値がW相電圧設定値と等しいか又はW相電圧設定値より高ければ($V \geq W$)、ステップ121へ移行してW相電圧設定値とU相電圧設定値が比較される。ステップ121において、W相電圧設定値がU相電圧設定値より低ければ($W < U$)、ステップ122へ移行する。ステップ122において、U相電圧設定値とV相電圧設定値が比較され、U相電圧設定値がV相電圧設定値と等しいか又はV相電圧設定値より高ければ($U \geq V$)、入力された指令電圧 V^* の領域は区間Aと判断される。

【0019】一方、ステップ122において、U相電圧設定値がV相電圧設定値より低ければ($U < V$)、入力された指令電圧 V^* の領域は区間Bと判断される。また、ステップ121において、W相電圧設定値がU相電圧設定値と等しいか又はU相電圧設定値より高ければ($W \geq U$)、入力された指令電圧 V^* の領域は区間Cと

判断される。

【0020】同様に、ステップ120においてV相電圧設定値とW相電圧設定値が比較され、V相電圧設定値がW相電圧設定値より低ければ($V < W$)、ステップ123へ移行する。ステップ123において、W相電圧設定値がU相電圧設定値と等しいか又はU相電圧設定値より高ければ($W \geq U$)、ステップ124へ移行する。ステップ124において、U相電圧設定値がV相電圧設定値より低ければ($U < V$)、入力された指令電圧 V^* の領域は区間Dと判断される。一方、ステップ124において、U相電圧設定値がV相電圧設定値と等しいか又はV相電圧設定値より高ければ($U \geq V$)、入力された指令電圧 V^* の領域は区間Eと判断される。また、ステップ123において、W相電圧設定値がU相電圧設定値より低ければ($W < U$)、入力された指令電圧 V^* の領域は区間Fと判断される。

【0021】上記のように、入力された指令電圧 V^* の区間が決定されて、区間判定処理は終了する。上記のように指令電圧 V^* の区間を決定した後、図4に示したフローチャートのステップ102において、前回のPWM割り込み時に記憶した区間と、今回決定された区間とを比較し、区間が変化していればステップ103へ移行して、後述するベクトル時間加算結果をリセットし、ステップ104へ移行する。ステップ102において、区間が変化していなければ、直接ステップ104へ移行する。実施の形態1において、上記のようにステップ102、103を設けることにより、変換テーブルを用いて最小設定時間以下の電圧ベクトルの出力を加算する期間は、最大でも一つの区間の期間内であり区間をまたがってベクトル時間を加算しないよう構成されている。

【0022】ステップ104においては、予め用意された複数の変換テーブルから変調方式に応じて適切な変換テーブルを選択するため、指令電圧生成部7から得られた指令電圧 V^* の状態から二相変調方式であるか三相変調方式であるかを判断する。指令電圧生成部7において、各相電圧設定値が1周期のうち $\pi/3$ の期間、設定値の最大値または最小値に飽和させた信号でない場合、変調方式を三相変調方式と判定し、ステップ112へ移行する。一方、ステップ104において、各相電圧設定値が1周期のうち $\pi/3$ の期間、設定値の最大値または最小値に飽和させた信号である場合、変調方式は二相変調方式と判定し、ステップ105へ移行する。

【0023】まず、変調方式が二相変調方式の場合について説明する。ステップ105において、電圧ベクトル持続時間を演算により求める。電圧ベクトル持続時間とはベクトル出力を行う時間を示し、2種類の電圧ベクトル(奇数ベクトルと偶数ベクトル)のそれぞれについて、図6の表に示す演算式により求める。図6において、例えば、指令電圧 V^* の区間が区間Aの場合、奇数ベクトルである V_1 の持続時間はU相電圧設定値からV

10

20

30

40

50

相電圧設定値を減算したもので表され、偶数ベクトルであるV2の持続時間はV相電圧設定値で表される。また、指令電圧V*の区間が区間Bの場合、奇数ベクトルであるV3の持続時間はV相電圧設定値からU相電圧設定値を減算したもので表され、偶数ベクトルであるV2の持続時間はU相電圧設定値で表される。

【0024】区間C～区間Fの場合も同様に電圧ベクトル持続時間は、指令電圧生成部7で得られた各相電圧設定値から算出される。算出された電圧ベクトル持続時間はステップ106の最小設定時間判定ステップにおいて、最小設定時間と比較される。ステップ106において、求められた2つの電圧ベクトル持続時間が両方とも最小設定時間以上の場合、ステップ119に移行し現在の各相電圧設定値を保存する。

【0025】一方、ステップ106において、2つの電圧ベクトル持続時間のうち、少なくとも1つの電圧ベクトル持続時間が最小設定時間以下の場合、ステップ107の記憶加算ステップに移行する。ステップ107において、ステップ106で最小設定時間よりも短い電圧ベクトル持続時間が奇数ベクトルの場合、今回の奇数ベクトル持続時間に前回のPWM割り込み時で加算された奇数ベクトル持続時間を加算することにより、奇数ベクトル持続時間の加算結果TEMP α を更新し、ステップ108に移行する。また、ステップ106で最小設定時間よりも短い電圧ベクトル持続時間が偶数ベクトルの場合、今回の偶数ベクトル持続時間に前回のPWM割り込み時で加算された偶数ベクトル持続時間を加算することにより、偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を更新し、ステップ108に移行する。ステップ108の最小設定時間判定ステップにおいて、再び最小設定時間と電圧ベクトル持続時間の加算結果が比較され、更新された電圧ベクトル持続時間の加算結果が最小設定時間以上の場合、ステップ109に移行する。一方、更新された電圧ベクトル持続時間の加算結果が最小設定時間未満の場合、ステップ111に移行する。ステップ109又は111において、後述する変換テーブル1または変換テーブル2を用いた演算処理が行われる。

【0026】図7はステップ109の演算処理において用いられる変換テーブル1を示し、図8はステップ111の演算処理において用いられる変換テーブル2を示す。これらの演算処理において、記憶加算ステップで加算された電圧ベクトル持続時間の加算結果(TEMP α 、TEMP β)と各相電圧設定値が用いられ、各相の電圧設定値の変換を行う。例えば、図7に示す変換テーブル1の区間Aの場合には、ステップ108において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルのみの時、現在のU相電圧設定値に奇数ベクトル持続時間の加算結果TEMP α を加算してU相電圧設定値とし、V相、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。また、変換テーブル1の区間Aの場合、ステップ1

08において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが偶数ベクトルのみの時、現在のU相電圧設定値に偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を加算してU相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値に偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を加算してV相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。また、変換テーブル1の区間Aの場合、ステップ108において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルと偶数ベクトル両方の時、現在のU相電圧設定値に奇数ベクトル持続時間の加算結果TEMP α と偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β とを加算してU相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値に偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を加算してV相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0027】同様に、図8に示す変換テーブル2が選択された場合、区間Aでは、ステップ108において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルのみの時、現在のV相電圧設定値をU相電圧設定値とし、V相、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。また、変換テーブル2の区間Aの場合、ステップ108において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが偶数ベクトルのみの時、現在のU相電圧設定値からV相電圧設定値を減算してU相電圧設定値とし、現在のW相電圧設定値をV相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。また、変換テーブル2の区間Aの場合、ステップ108において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルと偶数ベクトル両方の時、現在のW相電圧設定値をU相電圧設定値とし、現在のW相電圧設定値をV相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0028】以上のような各相の電圧設定値の変換を行い、変換された各相の電圧設定値を区間Aにおける新しい設定値として保存(ステップ119)し、PWM割り込み処理は終了する。上記のように所望の相の電圧設定値の変換を行うことにより、出力される2つの電圧ベクトル(奇数ベクトルと偶数ベクトル)は、少なくとも最小設定時間以上の電圧ベクトル持続時間を持ち、電流検出に必要な時間以上の電圧ベクトルが出力されるため、必ず電流検出が可能となる。

【0029】図9は、上記のように指令電圧変換部9において算出された変換後の各相電圧設定値と、指令電圧変換部9において変換を行う前の各相電圧設定値と、検出電流波形とを示す波形図である。図9においては、

(a) 基準三角波信号と各相電圧設定値、(b) 変換前の電圧ベクトル、(c) 最小設定時間、(d) 変換前の電流検出波形、(e) 変換後の電圧ベクトル、(f) 最小設定時間、及び(g) 変換後の電流検出出力を表している。

【0030】従来のPWMインバータ装置において、前

述の課題の欄において述べてたが、出力電圧が低い場合にはゼロベクトルの比率が高くなり、実際に電圧が印加される時間に対応する電圧ベクトル持続時間が短くなった場合、電流検出に必要な時間を確保できず電流を検出できないという問題がある。また、指令電圧ベクトルが6種の電圧ベクトルに近い位相の場合には、その電圧ベクトルに対し位相的に遠い電圧ベクトルの電圧ベクトル持続時間が短くなるため、電流検出に必要な時間が確保できず電流検出できないという問題もある。図9において、実施の形態1のPWMインバータ装置における変換前の電流検出波形は、奇数ベクトルであるV1の電圧ベクトル持続時間が最小設定時間未満のため、電流出力を行うことができないが、変換後の電流出力波形は、電圧ベクトルを出力した時に必ず、最小設定時間以上の電圧ベクトル持続時間を出力するので、必ず電流出力を検出可能である。

【0031】次に、変調方式が三相変調方式の場合について説明する。図4に示したフローチャートのステップ112において、電圧ベクトル持続時間を演算により求める。電圧ベクトル出力の持続時間を、図10に示す演算によって求める。例えば、指令電圧V*の区間が区間Aの場合、奇数ベクトルであるV1の持続時間はU相電圧設定値からV相電圧設定値を減算したもので表され、偶数ベクトルであるV2の持続時間はV相電圧設定値からW相電圧設定値を減算したもので表される。指令電圧V*の区間が区間Bの場合、奇数ベクトルであるV3の持続時間はV相電圧設定値からU相電圧設定値を減算したもので表され、偶数ベクトルであるV2の持続時間はU相電圧設定値からW相電圧設定値を減算したもので表される。

【0032】同様に、区間C～区間Fの場合についても電圧ベクトル持続時間が指令電圧生成部7で得られた各相電圧設定値から図10に示した演算により算出される。算出された電圧ベクトル持続時間はステップ113の最小設定時間判定ステップにおいて最小設定時間と比較される。ステップ113において、算出された2つの電圧ベクトル持続時間が両方とも最小設定時間以上の場合、ステップ119に移行して現在の各相電圧設定値を保存する。一方、2つの電圧ベクトル持続時間のうち、少なくとも1つの電圧ベクトル持続時間が最小設定時間以下の場合、ステップ114の記憶加算ステップに移行する。

【0033】電圧ベクトル持続時間が最小設定時間よりも短く、その電圧ベクトル持続時間が奇数ベクトルの場合、ステップ114において、今回の奇数ベクトル持続時間と前回のPWM割り込みで加算された奇数ベクトル持続時間とを加算することにより、奇数ベクトル持続時間の加算結果TEMP α を更新し、ステップ115に移行する。一方、電圧ベクトル持続時間が最小設定時間よりも短く、その電圧ベクトル持続時間が偶数ベクトル

の場合、ステップ114において、今回の偶数ベクトル持続時間と前回のPWM割り込みで加算された偶数ベクトル持続時間とを加算することにより、偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を更新し、ステップ115に移行する。ステップ115の最小設定時間判定ステップにおいて、再び最小設定時間と電圧ベクトル持続時間の加算結果が比較され、更新された電圧ベクトル持続時間の加算結果が最小設定時間以上の場合、ステップ116に移行する。一方、更新された電圧ベクトル持続時間の加算結果が最小設定時間未満の場合、ステップ118に移行する。

【0034】ステップ116において変換テーブル3を用いた演算処理が行われ、ステップ118において変換テーブル4を用いた演算処理が行われる。図11は変換テーブル3を示し、図12は変換テーブル4を示している。ステップ116とステップ118の演算処理において、記憶加算ステップで加算された電圧ベクトル持続時間の加算結果(TEMP α 、TEMP β)と各相電圧設定値がそれぞれ用いられ、各相電圧設定値の変換が行われる。例えば、更新された電圧ベクトル持続時間の加算結果が最小設定時間以上であり、図11に示す変換テーブル3の区間A場合には、ステップ115において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルのみの時、ステップ116において現在のU相電圧設定値に奇数ベクトル持続時間の加算結果TEMP α を加算してU相電圧設定値とし、V相電圧設定値及びW相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0035】ステップ115において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが偶数ベクトルのみの時、ステップ116において現在のW相電圧設定値から偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を減算してW相電圧設定値とし、U相電圧設定値及びV相電圧設定値に関しては変換を行わない。ステップ115において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルと偶数ベクトル両方の時、ステップ116において現在のU相電圧設定値に奇数ベクトル持続時間の加算結果TEMP α を加算してU相電圧設定値とし、現在のW相電圧設定値から偶数ベクトル持続時間の加算結果TEMP β を減算してW相電圧設定値とし、V相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0036】一方、更新された電圧ベクトル持続時間の加算結果が最小設定時間未満であり、図12に示す変換テーブル4の区間Aの場合には、ステップ115において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルのみの時、ステップ118において現在のV相電圧設定値をU相電圧設定値とし、V相電圧設定値及びW相電圧設定値に関しては変換を行わない。ステップ115において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが偶数ベクトルのみの時、ステップ118において現在のV相電圧設定値をW相電圧設定値とし、U相電圧設定

値及びV相電圧設定値に関しては変換を行わない。ステップ115において判定された最小設定時間未満の電圧ベクトルが奇数ベクトルと偶数ベクトル両方の時、ステップ118において現在のV相電圧設定値をU相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値をW相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0037】以上のように、区間Aにおける各相の電圧設定値の変換処理を行い、変換された値を区間Aにおける新しい設定値として保存（ステップ119）し、PWM割り込み処理は終了する。区間Bから区間Fにおいても、上記と同様な変換処理を行い、各相の電圧設定値を更新してPWM割り込み処理を終了する。上記の変換処理を行うことにより、出力される2つの電圧ベクトル（奇数ベクトルと偶数ベクトル）は、少なくとも最小設定時間以上の電圧ベクトル持続時間を持ち、電流検出に必要な時間以上の電圧ベクトルが出力される為、必ず電流検出が可能となる。

【0038】上記のように指令電圧変換部9において算出された変換後の各相電圧設定値と、指令電圧変換部9において変換を行う前の各相電圧設定値と、検出電流波形等を図13に示す。図13は、(a)基準三角波信号と各相電圧設定値、(b)変換前の電圧ベクトル、(c)最小設定時間、(d)変換前の電流検出波形、(e)変換後の電圧ベクトル、(f)最小設定時間、及び(g)変換後の電流検出の出力波形を表している。図13において、変換前の電流検出波形は、奇数ベクトルであるV1の電圧ベクトル持続時間が最小設定時間未満であり、偶数ベクトルであるV2電圧ベクトル持続時間も最小設定時間未満であるので、電流出力が全く得られない。一方、変換後の電流出力波形は、電圧ベクトルを出力した時に必ず、最小設定時間以上の電圧ベクトル持続時間を出力するので、電流出力の検出は必ず可能である。

【0039】したがって、実施の形態1のPWMインバータ装置においては、指令電圧変換部9の出力する各相電圧設定値を用いることによって、出力電流検出可能な領域が大幅に増大する効果が得られる。なお、実施の形態1において用いる電流検出部6は、アナログ/デジタル変換の検出系統を少なくとも2系統以上備え、電圧ベクトルの切り替え時に、アナログ/デジタル変換を開始することのできるアナログデジタル変換器により構成されている。例えば、図9に示すタイミングにおいて、電流検出部6はアナログ/デジタル変換を開始させ、電流センサで検出されたアナログ電流値をデジタル値として指令電圧生成部7に出力するよう構成されている。

【0040】《実施の形態2》次に、本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置の好ましい実施の形態について添付の図面を参照しつつ説明する。図14は本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置の回路

構成を示すブロック図である。図14において、実施の形態2のPWMインバータ装置は、交流電圧を整流して所望の直流電圧Vdを出力する直流電源1と、三相負荷2である三相電動機に所望の電力を供給するPWMインバータ3と、このPWMインバータ3の各相に流れる電流を検出する電流センサ13、14、15と、PWMインバータ3を駆動制御する駆動制御部12とを具備している。

【0041】実施の形態2と前述の実施の形態1との構成の違いは、電流センサが接続されている位置であり、それ以外の構成は実質的に同じである。したがって、以下、実施の形態2の説明においては、前述の実施の形態1と同じ機能や同じ構成を有するものには同じ符号を付してその説明は省略する。実施の形態2における指令電圧変換部9の設定方法を図15のフローチャートを用いて説明する。指令電圧生成部7の内部で一定周期ごとに発生するPWM割り込みにより各相電圧設定値の設定を開始する。前述の図4のフローチャートの説明と同様に、ステップ101における区間判定処理で指令電圧V*の区間を決定し、ステップ102の区間変化判定処理で区間の切り替わりを判定する。指令電圧V*の区間が変化していた場合には、スイッチング時間加算結果をリセットし（ステップ103）、ステップ104で変調方式を判断する。

【0042】変調方式が二相変調方式である場合にはステップ205へ移行し、三相変調方式である場合にはステップ212へ移行する。ステップ205において、スイッチング持続時間を演算により求める。スイッチング持続時間とは、実施の形態2の構成において電流センサが配置されているスイッチがON状態である期間を示す。電流センサの検出に必要な最小時間が前述の実施の形態1では電圧ベクトル持続時間に依存していたのに対して、実施の形態2では電流センサの配置された各相のスイッチの状態、つまり各相電圧設定値のみに依存する。例えば、A区間に指令電圧V*がある場合、V相電圧設定値によるスイッチング持続時間が最小設定時間以下になった場合、V相の相電流が検出不可能となる。同様に、U相電圧設定値によるスイッチング持続時間が最小設定時間になった場合、U相の相電流が検出不可能となる。

【0043】上記のスイッチング持続時間を最小設定時間以上にするために、後述の変換処理が行われる。算出されたスイッチング持続時間はステップ206の最小設定時間判定ステップにおいて最小設定時間と比較され、算出された2つのスイッチング持続時間が両方とも最小設定時間以上の場合、ステップ219へ移行し現在の各相電圧設定値を保存する。算出された2つのスイッチング持続時間のうち、少なくとも1つのスイッチング持続時間が最小設定時間以下の場合、ステップ207の記憶加算ステップへ移行する。例えば区間Aにおいて、ステ

ステップ206で最小設定時間よりも短いスイッチング持続時間がV相電圧設定値の場合、今回のV相電圧設定値に前回のPWM割り込み時で加算されたV相電圧設定値を加算することにより、スイッチング持続時間加算結果TEMP α を更新し、ステップ208へ移行する。一方、ステップ206で最小設定時間よりも短いスイッチング持続時間がU相電圧設定値の場合、今回の(U相-V相)設定値に前回のPWM割り込み時で加算された(U相-V相)設定値を加算することにより、スイッチング持続時間加算結果TEMP β を更新し、ステップ208へ移行する。

【0044】ステップ208の最小設定時間判定ステップにおいて、再び最小設定時間とスイッチング持続時間加算結果が比較され、更新されたスイッチング持続時間加算結果が最小設定時間以上の場合、ステップ209に移行し、更新されたスイッチング持続時間加算結果が最小設定時間未満の場合、ステップ211に移行する。ステップ209においては図16に示した変換テーブル5を用いた演算処理が行われ、ステップ211においては図17に示した変換テーブル6を用いた演算処理が行われる。図16の変換テーブル5と図17の変換テーブル6に示した演算処理において、加算ステップで加算されたスイッチング持続時間加算結果(TEMP α 、TEMP β)と各相電圧設定値が用いられ、各相の電圧設定値の変換が行われる。例えば図16に示す変換テーブル5の区間Aの場合には、ステップ208において判定された最小設定時間未満の設定値がV相電圧設定値の時、現在のV相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP α を加算してV相電圧設定値とし、U相電圧設定値及びW相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0045】また、変換テーブル5の区間Aの場合、ステップ208において判定された最小設定時間未満の設定値がU相電圧設定値のみの時(図16の変換テーブル5においては(U相-V相)設定値と表示)、現在のU相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP β を加算してU相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP β を加算してV相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。

【0046】一方、変換テーブル6が選択された場合、区間Aでは、ステップ208において判定された最小設定時間未満の設定値がV相電圧設定値の時、現在のW相電圧設定値をV相電圧設定値とし、現在のU相電圧設定値からV相電圧設定値を減算してU相電圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。ステップ208において判定された最小設定時間未満の設定値がU相電圧設定値の時(図17の変換テーブル6においては(U相-V相)設定値と表示)、現在のW相電圧設定値をU相電圧設定値とし、現在のW相電圧設定値をV相電

圧設定値とし、W相電圧設定値に関しては変換を行わない。以上のように各相の電圧設定値の変換を行い、変換された電圧設定値を区間Aにおける新しい設定値として保存(ステップ219)し、PWM割り込み処理は終了する。この変換処理を行うことにより、出力される各相の電圧設定値は少なくとも最小設定時間以上のスイッチング持続時間を持ち、電流検出に必要な時間以上の電圧ベクトルが出力されるため、必ず電流検出が可能となる。上記のように、指令電圧変換部9において算出された変換後の各相電圧設定値と検出電流波形等を図18に示す。図18に示す状態は区間Aの場合である。図18は、(a)基準三角波信号と各相電圧設定値、(b)変換前の電圧ベクトル、(c)最小設定時間、(d)変換前の電流出力(U相、V相)、(e)変換後の電圧ベクトル、(f)最小設定時間、(g)変換後の電流出力(U相、V相)を表している。

【0047】図18において、変換前の電流出力波形(d)はU相電圧設定値が最小設定時間未満のため、電流を検出できないのに対して、変換後の電流出力は各相電圧設定値を出力した時に必ず最小設定時間以上のスイッチング持続時間を出力している。この結果、実施の形態2のPWMインバータ装置においては、区間Aの電流検出が可能となる。したがって、実施の形態2においては、指令電圧変換部9の出力する各相電圧設定値を用いることにより、出力電流の検出可能領域が大幅に増大する効果が得られた。

【0048】次に、変調方式が三相変調の場合について説明する。変調方式が三相変調方式の場合、図15のステップ212においてスイッチング持続時間を演算により求める。算出されたスイッチング持続時間はステップ213の最小設定時間判定ステップにおいて、最小設定時間と比較され、算出された2つのスイッチング持続時間が両方とも最小設定時間以上の場合、ステップ219へ移行して現在の各相電圧設定値を保存する。2つのスイッチング持続時間のうち、少なくとも1つのスイッチング持続時間が最小設定時間以下の場合、ステップ214の記憶加算ステップへ移行する。ステップ214において、区間Aの場合、ステップ213で最小設定時間よりも短いスイッチング持続時間がW相電圧設定値の場合、今回のW相電圧設定値に前回のPWM割り込み時で加算されたW相電圧設定値を加算することにより、スイッチング持続時間加算結果TEMP α を更新し、ステップ215に移行する。一方、ステップ213で最小設定時間よりも短いスイッチング持続時間がV相電圧設定値の場合、今回の(V相-W相)設定値に前回のPWM割り込み時で加算された(V相-W相)設定値を加算することにより、スイッチング持続時間加算結果TEMP β を更新し、ステップ215に移行する。

【0049】ステップ215の最小設定時間判定ステップにおいて再び最小設定時間とスイッチング持続時間加

算結果が比較され、更新されたスイッチング持続時間加算結果が最小設定時間以上の場合、ステップ216に移行する。一方、更新されたスイッチング持続時間加算結果が最小設定時間未満の場合には、ステップ218に移行する。ステップ216において、図19に示した変換テーブル7を用いた演算処理が行われ、ステップ218において、図20に示した変換テーブル8を用いた演算処理が行われる。図19の変換テーブル7と図20の変換テーブル8を用いた演算処理において、記憶加算ステップで加算されたスイッチング持続時間加算結果(TEMP α 、TEMP β)と各相電圧設定値が用いられ、各相の電圧設定値の変換が行われる。

【0050】例えば図19の変換テーブル7の区間Aでは、ステップ215において判定された最小設定時間未満の設定値がW相電圧設定値の時、現在のW相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP α を加算してW相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP α を加算してV相電圧設定値とし、現在のU相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP α を加算してU相電圧設定値とする。一方、ステップ215において判定された最小設定時間未満の設定値がV相電圧設定値の時(図19の変換テーブル7においては(V相-W相)設定値と表示)、現在のU相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP β を加算してU相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP β を加算してV相電圧設定値とし、現在のW相電圧設定値にスイッチング持続時間加算結果TEMP β を加算してW相電圧設定値とする。

【0051】図20の変換テーブル8の区間Aでは、ステップ215において判定された最小設定時間未満の設定値がW相電圧設定値の時、現在のU相電圧設定値からV相電圧設定値を減算してU相電圧設定値とし、現在のV相電圧設定値からW相電圧設定値を減算してV相電圧設定値とし、W相電圧設定値をゼロとする。ステップ215において判定された最小設定時間未満の設定値がV相電圧設定値の時(図20の変換テーブル8においては(V相-W相)設定値と表示)、現在のU相電圧設定値からV相電圧設定値を減算してU相電圧設定値とし、V相電圧設定値をゼロとし、W相電圧設定値をゼロとする。以上のように各相の電圧設定値の変換を行い、変換された電圧設定値が区間Aにおける新しい設定値として保存(ステップ219)され、PWM割り込み処理は終了する。区間Bから区間Fにおいても、上記の区間Aの場合の同様な変換処理を行い、各相の電圧設定値が更新されてPWM処理は終了する。このような変換処理により、出力される各相の電圧設定値は少なくとも最小設定時間以上のスイッチング持続時間を持ち、電流検出に必要な時間以上の電圧ベクトルが出力されるため、必ず電流検出が可能となる。

【0052】上記のように、実施の形態2における指令電圧変換部9で算出された変換後の各相電圧設定値と検出電流波形等を図21に示す。図21は、区間Aにおける、(a)基準三角波信号と各相電圧設定値、(b)変換前の電圧ベクトル、(c)最小設定時間、(d)変換前の電流出力(W相、V相)、(e)変換後の電圧ベクトル、(f)最小設定時間、(g)変換後の電流出力(W相、V相)を表している。図21に示すように、変換前の電流出力は、W相電圧設定値が最小設定時間未満のため電流検出できないのに対して、変換後の電流出力は、各相電圧設定値を出力した時に必ず最小設定時間以上のスイッチング持続時間を出力するので、電流検出が可能となっている。したがって、実施の形態2のPWMインバータ装置において、指令電圧変換部9の出力する各相電圧設定値を用いることにより、出力電流の検出可能領域が増大する効果が得られた。

【0053】図22は本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置の他の回路構成を示すブロック図である。図22に示すように、このPWMインバータ装置には、PWMインバータ3の電源側に流れる電流を検出する電流センサ4と、PWMインバータ3のV相とW相に流れる電流を検出する電流センサ14、15が設けられている。このPWMインバータ装置におけるその他の構成は、図14に示した実施の形態2のPWMインバータ装置と同様である。図22に示すPWMインバータ装置の構成においても、前述の実施の形態1や実施の形態2と同様な変換テーブルを予め用意して用いることにより各相電圧設定値が適切に変換され、電流検出の検出可能領域を増大させることが可能となる。

【0054】《実施の形態3》次に、本発明に係る実施の形態3のPWMインバータ装置の好ましい実施の形態について図面を参照しつつ説明する。図23は本発明に係る実施の形態3のPWMインバータ装置の回路構成を示すブロック図である。図23に示すように、実施の形態3のPWMインバータ装置は、商用交流電源18と、交流電圧を整流して所望の直流電圧を出力する整流部17と、倍圧整流回路と通常整流回路を切り換えるスイッチング素子16と、PWMインバータ3の入力電源としてのコンデンサ19と、三相負荷2である三相電動機に所望の電力を供給するPWMインバータ3と、PWMインバータ3の電源側に流れる電流を検出する電流センサ4と、このPWMインバータ3を駆動制御する駆動制御部12とを具備している。

【0055】実施の形態3と前述の実施の形態1との構成の違いは、PWMインバータ3の入力電源部の構成であり、それ以外は実質的に同じ構成である。したがって、以下の実施の形態3の説明においては、実施の形態1と同じ機能や同じ構成を有するものには同じ符号を付してその説明は省略する。実施の形態3の構成において、スイッチング素子16が導通状態の場合、整流部は

倍圧整流回路として動作し、コンデンサ19の電圧をPWMインバータ3の電源電圧として供給する。スイッチング素子16が開放状態の場合、整流部は整流回路として動作し、倍圧整流状態に比べて低い電圧をPWMインバータ3の電源電圧として供給する。

【0056】PWMインバータ3の出力電圧が小さい場合、電圧ベクトル持続時間が最小設定時間よりも短くなることは既に述べたが、PWMインバータ3の出力電圧を小さくしつつ、電圧ベクトル持続時間を長くする方法として、PWMインバータ3の電源電圧を低くする方法も有効である。つまり、PWMインバータ3の出力電圧は、PWMインバータ3の入力電圧と各スイッチング素子のスイッチング状態に依存し、ベクトル設定時間が任意の最小設定時間以下になる場合、PWMインバータ3の電源電圧を低くすることにより、電圧ベクトル持続時間を変化させることなく、PWMインバータ3の出力電圧を制御することができる。したがって、実施の形態3の構成において、ベクトル設定時間が最小設定時間以下になる場合に、スイッチ素子を開放させて、PWMインバータ3の入力電圧を低くすることにより、出力される電圧ベクトルは少なくとも最小設定時間以上の電圧ベクトル持続時間を持ち、電流検出に必要な時間以上の電圧ベクトルが出力される。この結果、実施の形態3のPWMインバータ装置においては、必ず電流検出が可能となる。

【0057】《実施の形態4》次に、本発明に係る実施の形態4のPWMインバータ装置の好ましい実施の形態について図面を参照しつつ説明する。図24は本発明に係る実施の形態4のPWMインバータ装置の回路構成を示すブロック図である。図24に示すように、実施の形態4のPWMインバータ装置は、商用交流電源18と、交流電圧を整流して所望の直流電圧を出力する整流部17と、倍圧整流回路と通常整流回路を切り換えるスイッチング素子16と、PWMインバータ3の入力電源としてのコンデンサ19と、三相負荷2である三相電動機に所望の電力を供給するPWMインバータ3と、このPWMインバータ3の電源側に流れる電流を検出する電流センサ4と、PWMインバータ3を駆動制御する駆動制御部12とを具備している。なお、スイッチング素子16、コンデンサ19、ダイオード20、コンデンサ21、及びリアクトル22によりPWMインバータ3への入力回路である昇圧回路23が構成されている。

【0058】実施の形態4と実施の形態1や実施の形態3との構成の違いは、PWMインバータ3の入力電源部の構成であり、それ以外は実質的に同じ構成である。したがって、以下の実施の形態4の説明においては、実施の形態1及び実施の形態3と同じ機能や同じ構成を有するものには同じ符号を付してその説明は省略する。実施の形態4の構成において、まず、昇圧回路23の動作について図24を用いて説明する。スイッチング素子16

をオン状態とすると、交流電源18、整流器17、リアクトル22、スイッチング素子16、整流器17、交流電源18の経路で電流が流れ、リアクトル22にエネルギーが蓄積される。次に、スイッチング素子16をオフ状態すると、交流電源18、整流器17、リアクトル22、ダイオード20、コンデンサ19、整流器17、交流電源18の経路で電流が流れ、リアクトル22にスイッチング素子16をオン期間に蓄積されたエネルギーと共に、コンデンサ19を充電し昇圧させる。スイッチング素子16のオン期間/オフ期間を変化させること、つまり時比率を変化させることによって、リアクトル22に蓄積されるエネルギーを可変し、コンデンサ19の端子間電圧を制御することができる。このように制御される昇圧回路23の出力電圧がPWMインバータ3の電源電圧Vdとして供給される。

【0059】PWMインバータ3の出力電圧が小さい時、各相の電圧ベクトル持続時間が最小設定時間よりも小さくなることは既に述べたが、PWMインバータ3の出力電圧を小さくしつつ、電圧ベクトル持続時間を長くする方法として、PWMインバータ3へ入力される電源電圧を可変することも有効である。即ち、PWMインバータ3の出力電圧はPWMインバータ3の入力電圧と各スイッチング素子のスイッチング状態に依存し、ベクトル設定時間が任意の最小設定時間以下になる場合、PWMインバータ3の電源電圧を可変することにより、電圧ベクトル持続時間を変化させることなく、PWMインバータ3の出力電圧を制御することができる。したがって、実施の形態4の構成において、ベクトル設定時間が最小設定時間以下になる場合に、昇圧回路23のスイッチング素子を開放させて、PWMインバータの入力電圧の昇圧を休止させることにより、出力される電圧ベクトルは少なくとも最小設定時間以上の電圧ベクトル持続時間を持ち、電流検出に必要な時間以上の電圧ベクトルが出力される。この結果、実施の形態4のPWMインバータ装置は、必ず電流検出が可能となる。

【0060】本発明に係るPWMインバータ装置における制御用マイクロコンピュータにおいて、アナログ/デジタル変換器の変換開始を、電圧ベクトルの切り替わるタイミングで行うよう構成しているため、電流センサで検出された信号の最も安定状態にある最終値をアナログ/デジタル変換することができる。したがって、本発明は上記の制御用マイクロコンピュータを有しているため、電流検出の精度を大幅に向上することが可能なPWMインバータ装置を提供することが可能となる。

【0061】

【発明の効果】以上、実施の形態について詳細に説明したところから明らかなように、本発明は次の効果を有する。本発明によれば、PWMインバータ装置における主回路の電源側に流れる電流を検出する構成またはPWMインバータ装置における主回路の各相に流れる電流を検

出する構成において、PWMインバータ装置の出力電圧が小さい場合や、指令電圧が6種の電圧ベクトルに近い位相の場合でも、変調方式を大幅に変更せず単純な変換テーブルを用いることによって、広い制御範囲において電流を検出することができる。この結果、本発明に係るPWMインバータ装置においては、PWMインバータの制御周期を一定に保ちつつ電流検出の精度を向上させることにより、高度な閉ループ制御を行うことが可能となる。

【0062】また、本発明に係るPWMインバータ装置においては、アナログ/ディジタル変換器の変換開始を、電圧ベクトルの切り替わるタイミングで行うよう構成することにより、電流センサで検出された信号の最も安定状態にある最終値をアナログ/ディジタル変換することができ、電流検出の精度を大幅に向上することが可能となる。さらに、本発明によれば、PWMインバータ装置における主回路の電源側に流れる電流を検出する構成またはPWMインバータ装置における主回路の各相に流れる電流を検出する構成において、PWMインバータ装置の出力電圧が小さい場合や、指令電圧が6種の電圧ベクトルに近い位相の場合でも、変調方式を大幅に変更せず、PWMインバータの入力電圧を変化させることによって、広い制御範囲において電流を検出することができる。この結果、本発明に係るPWMインバータ装置は、PWMインバータの制御周期を一定に保ちつつ電流検出の精度を向上させることにより、高度な閉ループ制御を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における回路構成を示すブロック図である。

【図2】本発明のPWMインバータ装置における空間ベクトル方式のスイッチングベクトルを説明する図である。

【図3】本発明のPWMインバータ装置における電流検出方法に係る空間ベクトル図である。

【図4】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における指令電圧変換処理のフローチャートである。

【図5】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における区間判定処理のフローチャートである。

【図6】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における二相変調の場合の電圧ベクトル持続時間の演算式を示す図である。

【図7】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル1を示す図である。

【図8】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル2を示す図である。

【図9】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における変換前と変換後の電圧ベクトルと電流出力

の関係を示す波形図である。

【図10】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における三相変調の場合の電圧ベクトル持続時間の演算式を示す図である。

【図11】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル3を示す図である。

【図12】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル4を示す図である。

【図13】本発明に係る実施の形態1のPWMインバータ装置における変換前と変換後の電圧ベクトルと電流出力の関係を示す波形図である。

【図14】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置における回路構成を示すブロック図である。

【図15】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置における指令電圧変換処理のフローチャートである。

【図16】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル5を示す図である。

【図17】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル6を示す図である。

【図18】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置における変換前と変換後の電圧ベクトルと電流出力の関係を示す波形図である。

【図19】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル7を示す図である。

【図20】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置において用いる変換テーブル8を示す図である。

【図21】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置における変換前と変換後の電圧ベクトルと電流出力の関係を示す波形図である。

【図22】本発明に係る実施の形態2のPWMインバータ装置における別の回路構成を示すブロック図である。

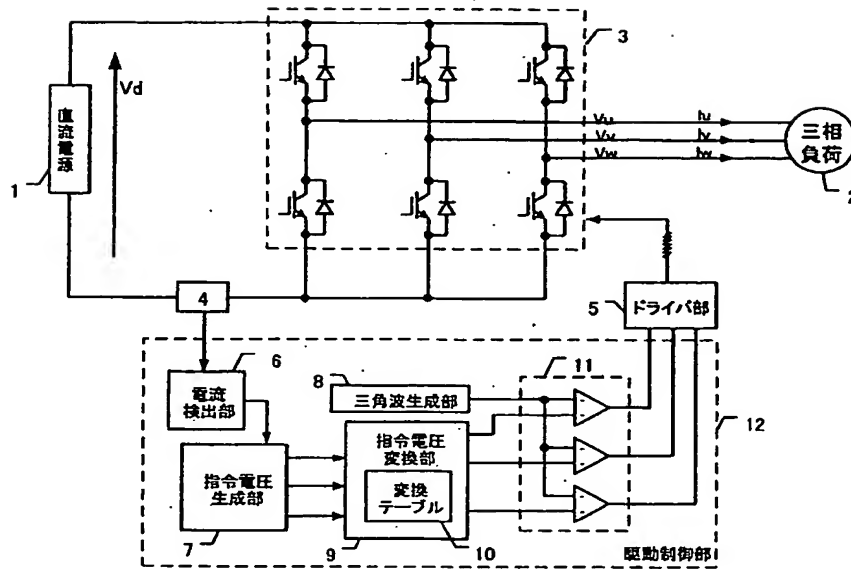
【図23】本発明に係る実施の形態3のPWMインバータ装置における回路構成を示すブロック図である。

【図24】本発明に係る実施の形態4のPWMインバータ装置における回路構成を示すブロック図である。

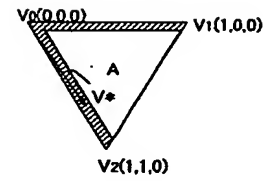
【符号の説明】

- 1 直流電源
- 2 三相負荷
- 3 PWMインバータ
- 4 電流センサ
- 6 電流検出部（アナログ/ディジタル変換部）
- 7 指令電圧生成部
- 8 三角波生成部
- 11 比較部
- 13 電流センサ
- 14 電流センサ
- 15 電流センサ

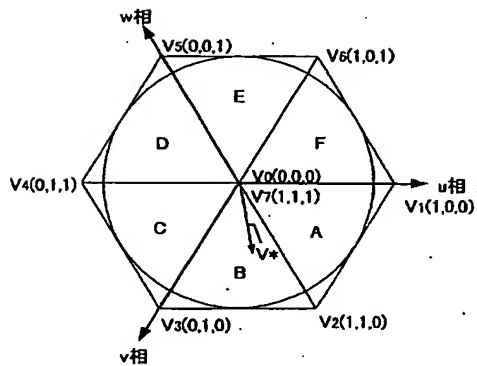
【図1】



【図3】



【図2】

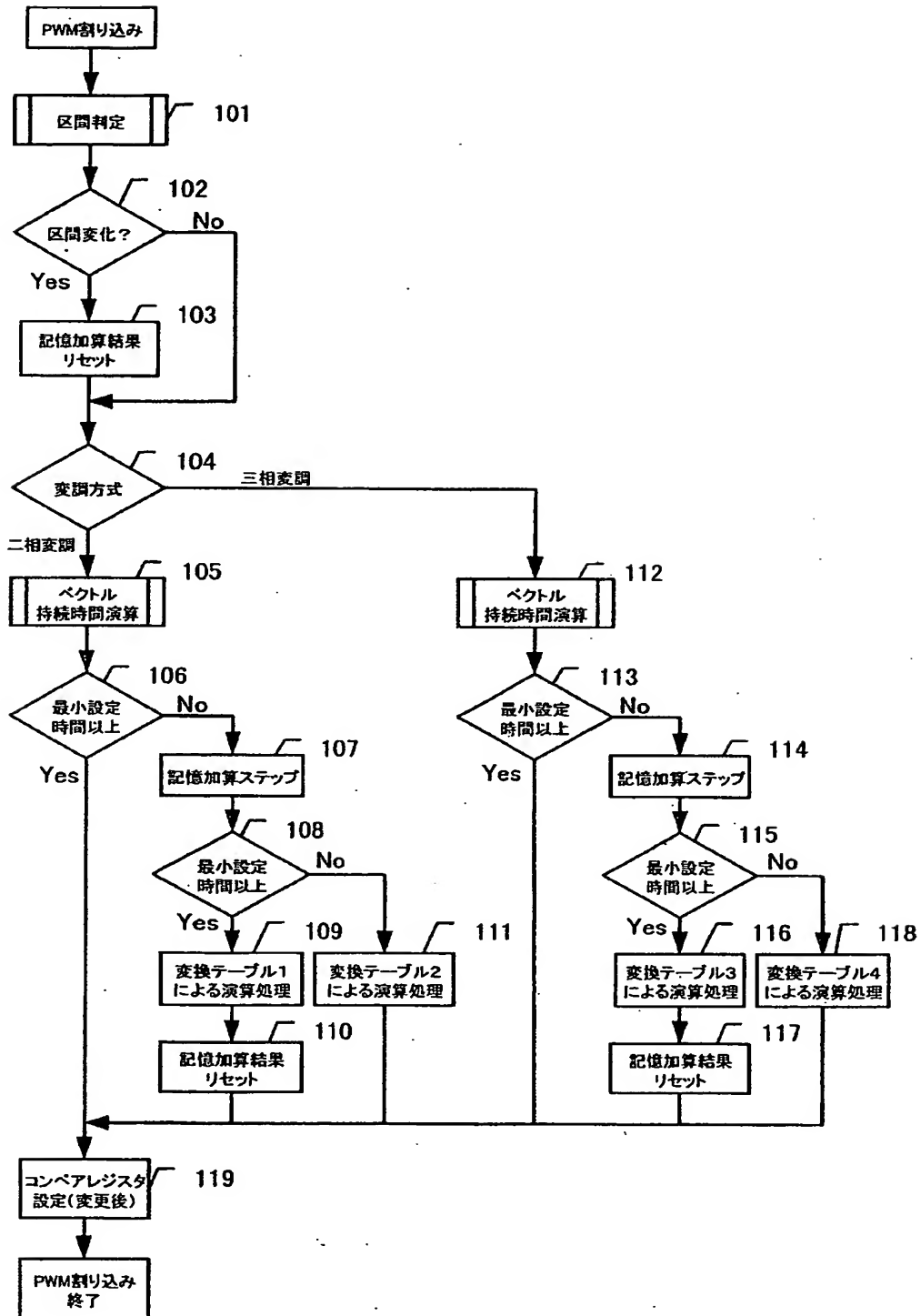


【図6】

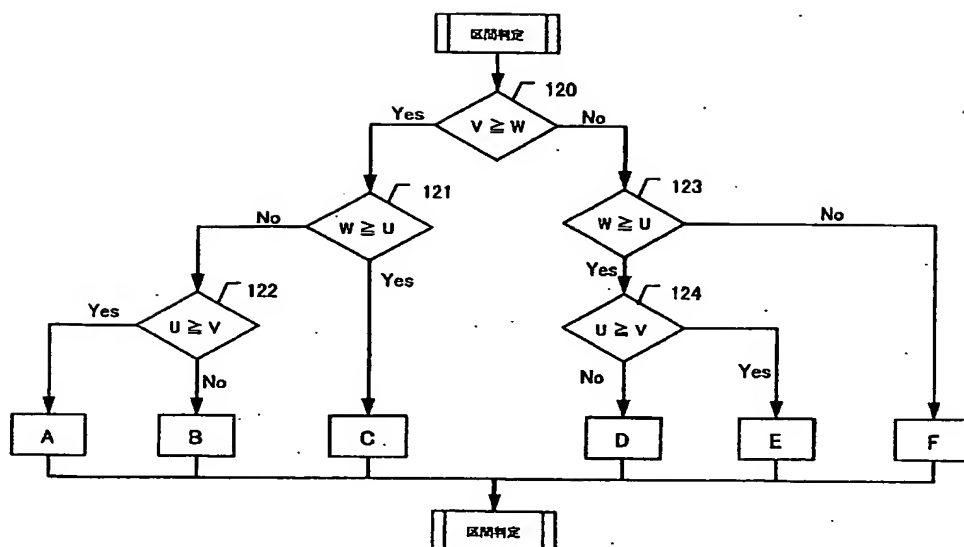
電圧ベクトル持続時間演算式(二相変調の場合)

| 区間 | 検出対象 | 電圧ベクトル持続時間 |
|-----|------------|---------------|
| 区間A | 奇数ベクトル: V1 | U相設定値 - V相設定値 |
| | 偶数ベクトル: V2 | V相設定値 |
| 区間B | 奇数ベクトル: V3 | V相設定値 - W相設定値 |
| | 偶数ベクトル: V2 | U相設定値 |
| 区間C | 奇数ベクトル: V3 | V相設定値 - W相設定値 |
| | 偶数ベクトル: V4 | W相設定値 |
| 区間D | 奇数ベクトル: V5 | W相設定値 - V相設定値 |
| | 偶数ベクトル: V4 | V相設定値 |
| 区間E | 奇数ベクトル: V5 | W相設定値 - U相設定値 |
| | 偶数ベクトル: V6 | U相設定値 |
| 区間F | 奇数ベクトル: V1 | U相設定値 - W相設定値 |
| | 偶数ベクトル: V6 | W相設定値 |

【図4】



【図5】



【図7】

変換テーブル1

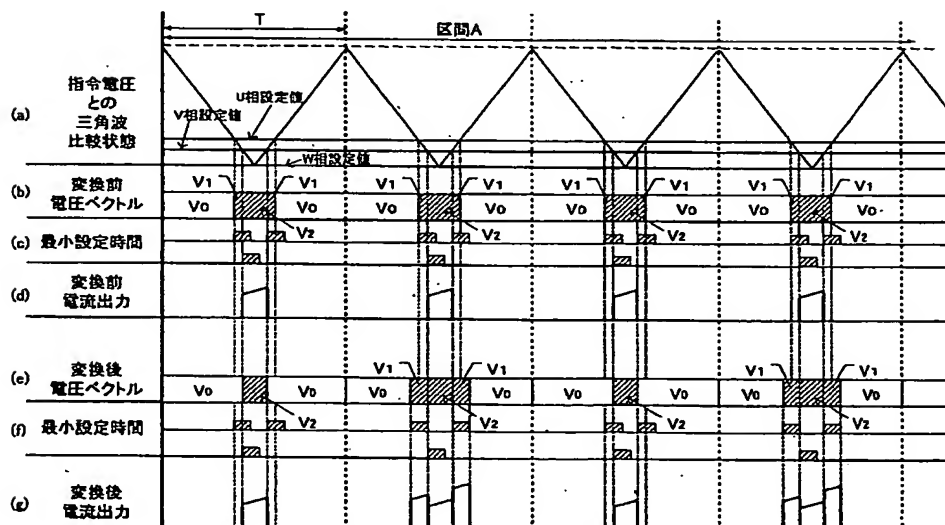
| 指令電圧の 区間 | 変換対象 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------|--|--|--|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | 奇数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP _α | ---- | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値+TEMP _α +TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | ---- |
| 区間B | 奇数ベクトルのみ | ---- | V相設定値+TEMP _α | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _α +TEMP _β | ---- |
| 区間C | 奇数ベクトルのみ | ---- | V相設定値+TEMP _α | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| | 奇数、偶数両方 | ---- | V相設定値+TEMP _α +TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間D | 奇数ベクトルのみ | ---- | ---- | W相設定値+TEMP _α |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| | 奇数、偶数両方 | ---- | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _α +TEMP _β |
| 区間E | 奇数ベクトルのみ | ---- | ---- | W相設定値+TEMP _α |
| | 偶数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP _β | ---- | W相設定値+TEMP _β |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値+TEMP _β | ---- | W相設定値+TEMP _α +TEMP _β |
| 区間F | 奇数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP _α | ---- | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP _β | ---- | W相設定値+TEMP _β |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値+TEMP _α +TEMP _β | ---- | W相設定値+TEMP _β |

【図8】

変換テーブル2

| 指令電圧の 区間 | 変換対象 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------|------------|------------|------------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | 奇数ベクトルのみ | V相設定値 | ---- | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | (U相-V相)設定値 | W相設定値 | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | W相設定値 | W相設定値 | ---- |
| 区間B | 奇数ベクトルのみ | ---- | U相設定値 | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | W相設定値 | (V相-U相)設定値 | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | W相設定値 | W相設定値 | ---- |
| 区間C | 奇数ベクトルのみ | ---- | W相設定値 | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | (V相-W相)設定値 | U相設定値 |
| | 奇数、偶数両方 | ---- | U相設定値 | U相設定値 |
| 区間D | 奇数ベクトルのみ | ---- | ---- | V相設定値 |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | U相設定値 | (W相-V相)設定値 |
| | 奇数、偶数両方 | ---- | U相設定値 | U相設定値 |
| 区間E | 奇数ベクトルのみ | ---- | ---- | U相設定値 |
| | 偶数ベクトルのみ | V相設定値 | ---- | (W相-U相)設定値 |
| | 奇数、偶数両方 | V相設定値 | ---- | V相設定値 |
| 区間F | 奇数ベクトルのみ | W相設定値 | ---- | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | (U相-W相)設定値 | ---- | V相設定値 |
| | 奇数、偶数両方 | V相設定値 | ---- | V相設定値 |

【図9】



【図10】

電圧ベクトル持続時間演算式(三相変調の場合)

| 区間 | 検出対象 | 電圧ベクトル持続時間 |
|-----|-----------|-------------|
| 区間A | 奇数ベクトル:V1 | U相設定値-V相設定値 |
| | 偶数ベクトル:V2 | V相設定値-W相設定値 |
| 区間B | 奇数ベクトル:V3 | V相設定値-U相設定値 |
| | 偶数ベクトル:V2 | U相設定値-W相設定値 |
| 区間C | 奇数ベクトル:V3 | V相設定値-W相設定値 |
| | 偶数ベクトル:V4 | W相設定値-U相設定値 |
| 区間D | 奇数ベクトル:V5 | W相設定値-V相設定値 |
| | 偶数ベクトル:V4 | V相設定値-U相設定値 |
| 区間E | 奇数ベクトル:V5 | W相設定値-U相設定値 |
| | 偶数ベクトル:V6 | U相設定値-V相設定値 |
| 区間F | 奇数ベクトル:V1 | U相設定値-W相設定値 |
| | 偶数ベクトル:V6 | W相設定値-V相設定値 |

【図11】

変換テーブル3

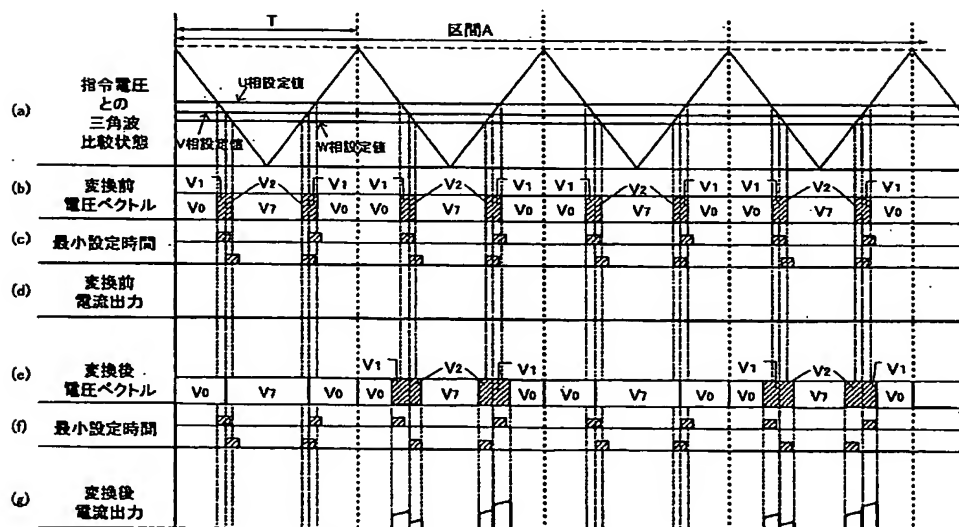
| 指令電圧の 区間 | 変換対象 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | 奇数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP α | ---- | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | ---- | W相設定値-TEMP β |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値+TEMP α | ---- | W相設定値-TEMP β |
| 区間B | 奇数ベクトルのみ | ---- | V相設定値+TEMP α | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | ---- | W相設定値-TEMP β |
| | 奇数、偶数両方 | ---- | V相設定値+TEMP α | W相設定値-TEMP β |
| 区間C | 奇数ベクトルのみ | ---- | V相設定値+TEMP α | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | U相設定値-TEMP β | ---- | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値-TEMP β | V相設定値+TEMP α | ---- |
| 区間D | 奇数ベクトルのみ | ---- | ---- | W相設定値+TEMP α |
| | 偶数ベクトルのみ | U相設定値-TEMP β | ---- | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値-TEMP β | ---- | W相設定値+TEMP α |
| 区間E | 奇数ベクトルのみ | ---- | ---- | W相設定値+TEMP α |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | V相設定値-TEMP β | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | ---- | V相設定値-TEMP β | W相設定値+TEMP α |
| 区間F | 奇数ベクトルのみ | U相設定値+TEMP α | ---- | ---- |
| | 偶数ベクトルのみ | ---- | V相設定値-TEMP β | ---- |
| | 奇数、偶数両方 | U相設定値+TEMP α | V相設定値-TEMP β | ---- |

【図12】

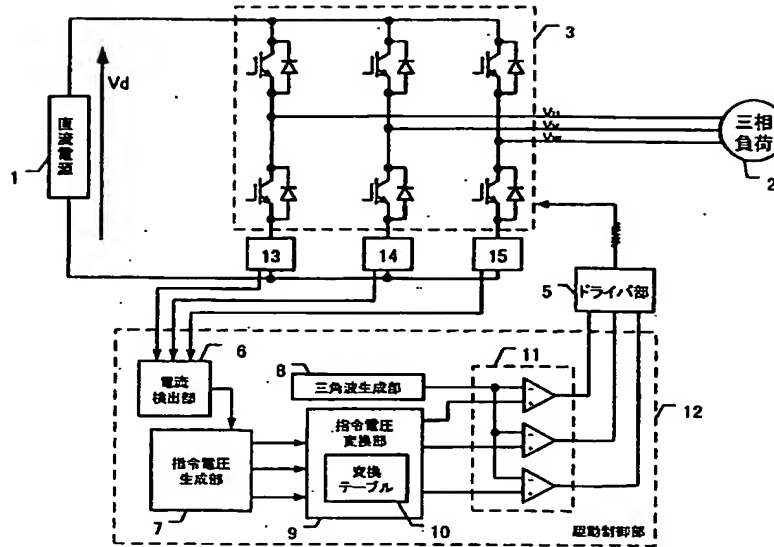
変換テーブル4

| 指令電圧の 区間 | 変換対象 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------|-----------|-------|-------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | 奇数ベクトルのみ | V相設定値 | --- | --- |
| | 偶数ベクトルのみ | --- | --- | V相設定値 |
| | 奇数、偶数両方 | V相設定値 | --- | V相設定値 |
| 区間B | 奇数ベクトルのみ | --- | U相設定値 | --- |
| | 偶数ベクトルのみ | --- | --- | U相設定値 |
| | 奇数、偶数両方 | --- | U相設定値 | U相設定値 |
| 区間C | 奇数ベクトルのみ | --- | W相設定値 | --- |
| | 偶数ベクトルのみ | W相設定値 | --- | --- |
| | 奇数、偶数両方 | W相設定値 | W相設定値 | --- |
| 区間D | 奇数ベクトルのみ | --- | --- | V相設定値 |
| | 偶数ベクトルのみ | V相設定値 | --- | --- |
| | 奇数、偶数両方 | V相設定値 | --- | V相設定値 |
| 区間E | 奇数ベクトルのみ | --- | --- | U相設定値 |
| | 偶数ベクトルのみ | --- | U相設定値 | --- |
| | 奇数、偶数両方 | --- | U相設定値 | U相設定値 |
| 区間F | 奇数ベクトルのみ | W相設定値 | --- | --- |
| | 偶数ベクトルのみ | --- | W相設定値 | --- |
| | 奇数、偶数両方 | W相設定値 | W相設定値 | --- |

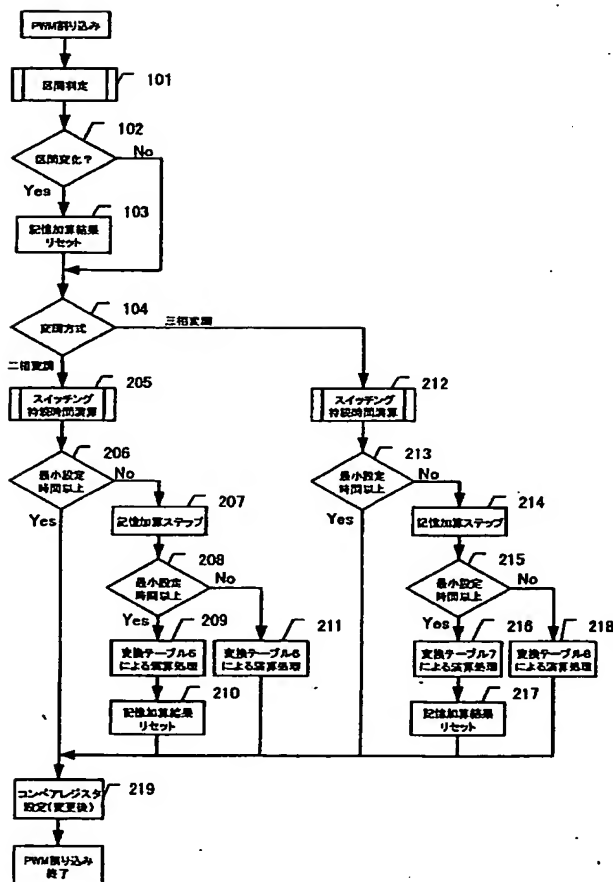
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

変換テーブル5

| 指令電圧の 区間 | 判定対象 最小設定以下 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | V相設定値 | ---- | V相設定値+TEMP _α | ---- |
| | (U相-V相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | ---- |
| 区間B | U相設定値 | U相設定値+TEMP _β | ---- | ---- |
| | (V相-U相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | ---- |
| 区間C | W相設定値 | ---- | ---- | W相設定値+TEMP _α |
| | (V相-W相)設定値 | ---- | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間D | V相設定値 | ---- | V相設定値+TEMP _α | ---- |
| | (W相-V相)設定値 | ---- | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間E | U相設定値 | U相設定値+TEMP _α | ---- | ---- |
| | (W相-U相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | ---- |
| 区間F | W相設定値 | ---- | ---- | W相設定値+TEMP _α |
| | (U相-W相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | ---- | W相設定値+TEMP _β |

【図17】

変換テーブル6

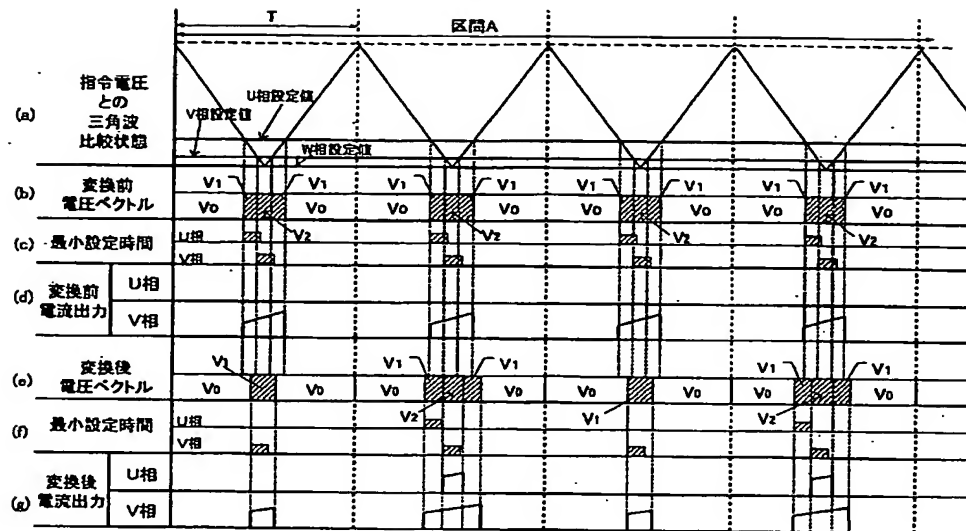
| 指令電圧の 区間 | 判定対象 最小設定以下 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------------|------------|------------|------------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | V相設定値 | (U相-V相)設定値 | W相設定値 | ---- |
| | (U相-V相)設定値 | W相設定値 | W相設定値 | ---- |
| 区間B | U相設定値 | W相設定値 | (V相-U相)設定値 | ---- |
| | (V相-U相)設定値 | W相設定値 | W相設定値 | ---- |
| 区間C | W相設定値 | ---- | (V相-W相)設定値 | U相設定値 |
| | (V相-W相)設定値 | ---- | U相設定値 | U相設定値 |
| 区間D | V相設定値 | ---- | U相設定値 | (W相-V相)設定値 |
| | (W相-V相)設定値 | ---- | U相設定値 | U相設定値 |
| 区間E | U相設定値 | V相設定値 | ---- | (W相-U相)設定値 |
| | (W相-U相)設定値 | V相設定値 | ---- | V相設定値 |
| 区間F | W相設定値 | (U相-W相)設定値 | ---- | V相設定値 |
| | (U相-W相)設定値 | V相設定値 | ---- | V相設定値 |

【図19】

変換テーブル7

| 指令電圧の 区間 | 判定対象 最小設定以下 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | W相設定値 | U相設定値+TEMP _α | V相設定値+TEMP _α | W相設定値+TEMP _α |
| | (V相-W相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間B | W相設定値 | U相設定値+TEMP _α | V相設定値+TEMP _α | W相設定値+TEMP _α |
| | (U相-W相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間C | U相設定値 | U相設定値+TEMP _α | V相設定値+TEMP _α | W相設定値+TEMP _α |
| | (W相-U相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間D | U相設定値 | U相設定値+TEMP _α | V相設定値+TEMP _α | W相設定値+TEMP _α |
| | (V相-U相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間E | V相設定値 | U相設定値+TEMP _α | V相設定値+TEMP _α | W相設定値+TEMP _α |
| | (U相-V相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |
| 区間F | V相設定値 | U相設定値+TEMP _α | V相設定値+TEMP _α | W相設定値+TEMP _α |
| | (W相-V相)設定値 | U相設定値+TEMP _β | V相設定値+TEMP _β | W相設定値+TEMP _β |

【図18】

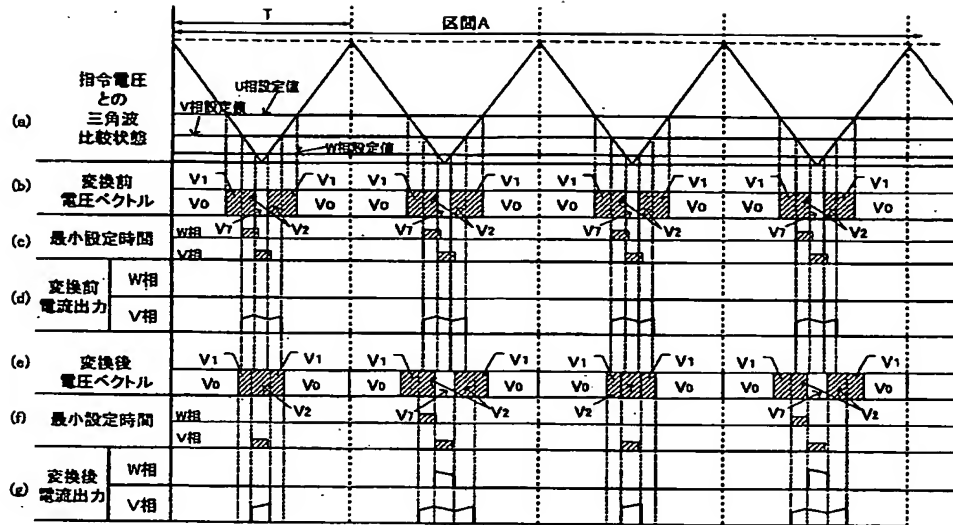


【図20】

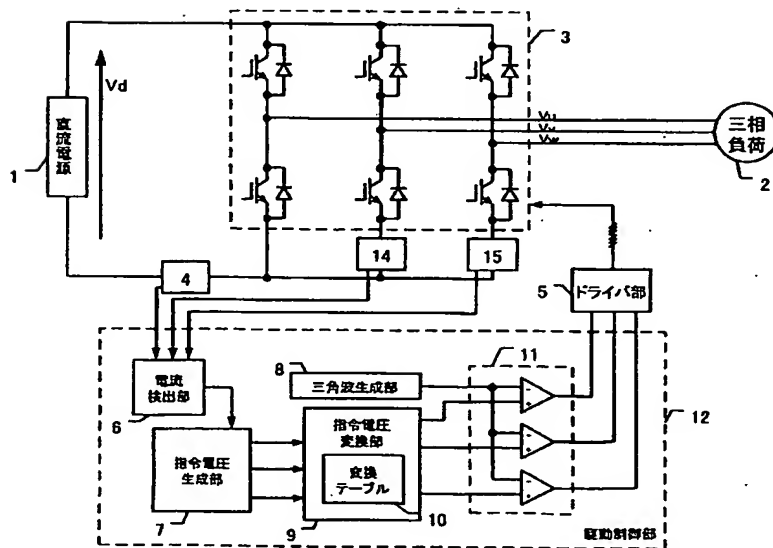
変換テーブル8

| 指令電圧の 区間 | 判定対象 最小設定以下 | 変換後の各相設定値 | | |
|-------------|----------------|------------|------------|------------|
| | | U相設定値 | V相設定値 | W相設定値 |
| 区間A | W相設定値 | (U相-W相)設定値 | (V相-W相)設定値 | ゼロ |
| | (V相-W相)設定値 | (U相-V相)設定値 | ゼロ | ゼロ |
| 区間B | W相設定値 | (U相-W相)設定値 | (V相-W相)設定値 | ゼロ |
| | (U相-W相)設定値 | ゼロ | (V相-U相)設定値 | ゼロ |
| 区間C | U相設定値 | ゼロ | (V相-U相)設定値 | (W相-U相)設定値 |
| | (W相-U相)設定値 | ゼロ | (V相-W相)設定値 | ゼロ |
| 区間D | U相設定値 | ゼロ | (V相-U相)設定値 | (W相-U相)設定値 |
| | (V相-U相)設定値 | ゼロ | ゼロ | (W相-V相)設定値 |
| 区間E | V相設定値 | (U相-V相)設定値 | ゼロ | (W相-V相)設定値 |
| | (U相-V相)設定値 | ゼロ | ゼロ | (W相-U相)設定値 |
| 区間F | V相設定値 | (U相-V相)設定値 | ゼロ | (W相-V相)設定値 |
| | (W相-V相)設定値 | (U相-W相)設定値 | ゼロ | ゼロ |

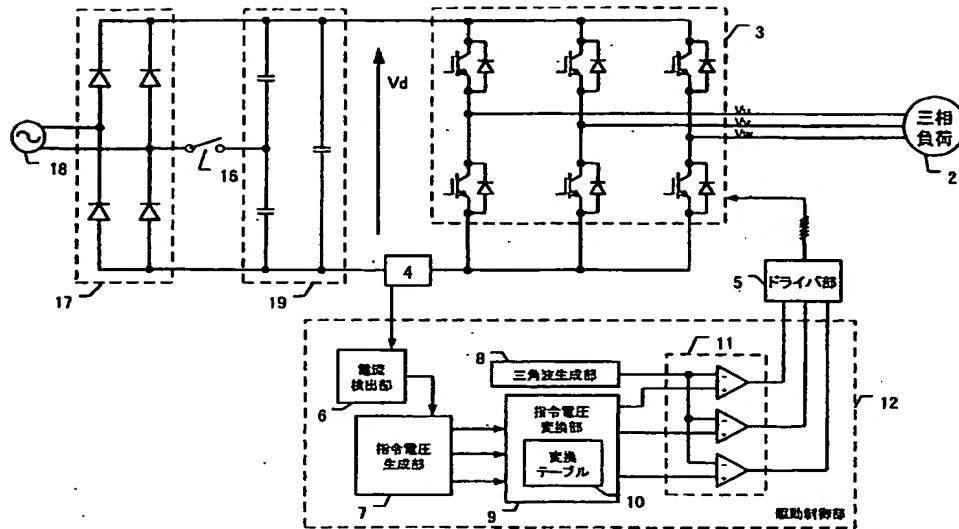
【図21】



【図22】



【図23】



【図24】

